

УДК 678.01:539.37

В. В. Мозгалева, ассистент (БГТУ); Ж. С. Шашок, доцент (БГТУ);
Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор (БГТУ); А. В. Касперович, доцент (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗИН

Используемые в настоящее время методики испытаний резин различных элементов конструкции шин не отражают их реального поведения при эксплуатации на автомобилях. На основании анализа литературных данных и проведенных предварительных испытаний резин различных конструктивных элементов шин следует, что используемые в настоящее время методики испытаний резин различных элементов конструкции шин не отражают их реального поведения при эксплуатации на автомобилях и зачастую являются неинформативными. Предлагаемая научная идея основана на необходимости учета реальных деформаций и температур, возникающих в процессе эксплуатации. Использование новейшего оборудования и научно обоснованных режимов воздействия позволит наиболее точно оценивать и прогнозировать поведение резин в условиях, приближенных к реальным.

Techniques of tests various design rubbers elements of tires now in use, don't reflect their real behavior at operation in cars and consequently are not informative. The scientific idea consists that in work for the first time taking into account modern scientific knowledge, received both domestic, and foreign scientists in area of physics and chemistry of rubbers and also in the field of a destructive and nondestructive methods of testing. Scientifically proved modes of tests which will allow to estimate and predict most precisely behavior of rubbers in the conditions approached to the real will be developed.

Введение. В настоящее время все больший акцент при производстве автомобильных шин ставится на их качестве, которое характеризуется, прежде всего, их ходимостью. В условиях высокой конкуренции как на рынке производителей автомобильных шин, так на рынке сырья для их производства применения стандартных подходов при оценке работоспособности недостаточно. Так, например, ведущие производители автопокрышек (Continental, Goodyear и т. д.) до 35% прибыли направляют на проведение закрытых научных исследований.

В данной работе исследуется эффективность испытания резин для подканавочного слоя пневматических шин при различных режимах деформирования и температурах. На основании сравнения результатов испытаний при нормальных условиях и в температурных условиях, наиболее приближенных к эксплуатационным, будет проведена оценка целесообразности проведения такого рода испытаний.

Основная часть. Объектом исследования являлись шинные резины различных рецептур (PC1 и PC2) для подканавочного слоя сверхкрупногабаритных шин на основе натурального каучука (НК). Испытания проводились на тензомере «Instron 2020» фирмы Alpha Tehnology, позволяющем моделировать различные режимы деформаций резины в широком интервале температур. В частности, резины испытывались по ГОСТ 270-75, а также в режиме деформации, при которой образец подвергался растяжению до 100%, затем в течение 10 с проходил процесс релаксации и далее растягивался до разрыва. Испытания проводились при температурах 20 и 110 °С.

Результаты испытаний по ГОСТ 270-75 при температурах 20 и 110 °С представлены на рис. 1.

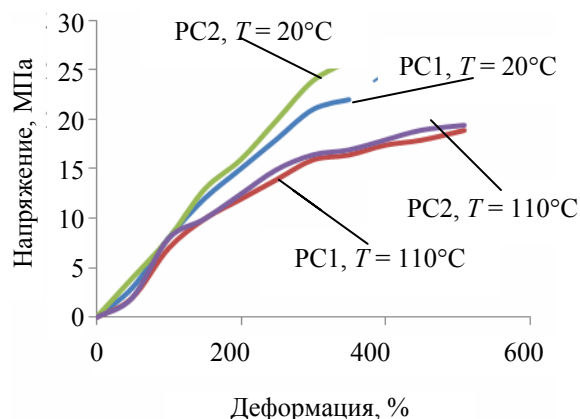


Рис. 1. Результаты испытаний резин PC1 и PC2 по ГОСТ 270-75 при различных температурах

На рис. 2 представлен график зависимости условного напряжения от деформации исследуемых резин в специально запрограммированном режиме.

Анализ результатов исследований, представленных на рис. 1 и 2, показал, что при испытании резин по ГОСТ 270-75 наилучшее поведение демонстрирует резина на основе резиновой смеси PC2.

Так при температуре 20 °С (рис. 1) данная эластомерная композиция имеет большее значение условного напряжения при разрыве, чем на основе PC1, а при температуре 110 °С результаты практически одинаковы.

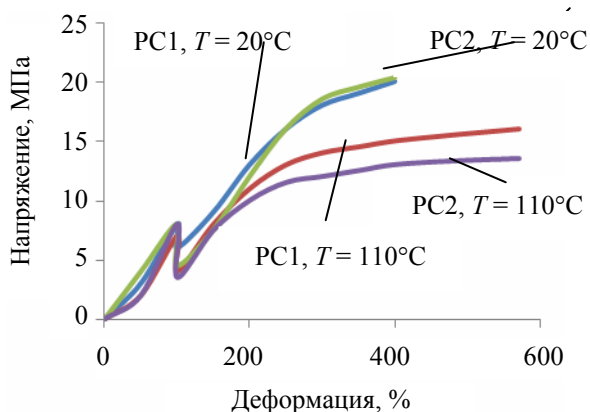


Рис. 2. Результаты испытаний резин PC1 и PC2 по экспериментальной методике при различных температурах

Однако при испытании по предложенной авторами экспериментальной методике, результаты, на первый взгляд абсолютно противоположные. Как показано на рис. 2, более выгодным набором свойств обладает резина на основе резиновой смеси PC1, т. к. при 20°C одинаковые прочностные свойства с PC1, а при 110°C условное напряжение при разрыве даже выше, чем у резины на основе PC2.

Полученный результат можно объяснить с точки зрения совокупности влияния режима деформации и температурного воздействия. Температурное воздействие на резину, как при испытании, так и в рабочих условиях, может быть как кратковременным (режимы нагрева-охлаждения), так и длительным (при старении). Соответственно, состав резины должен подбираться исходя из условий эксплуатации элемента шины.

Старение полимерного материала — совокупность физических и химических процессов, происходящих в полимерном материале и приводящих к необратимым изменениям свойств. Также одним из основных понятий является стойкость полимерного материала к старению, которая характеризует свойство полимерного материала сохранять значение характерного показателя (или показателей) старения в пределах, установленных в нормативно-технической документации, при старении в заданных условиях. Наиболее часто степень старения резин характеризуют коэффициентом старения, т. е. через относительное изменение значения физико-механического показателя резины, соответствующее заданной продолжительности испытания. При этом коэффициент старения может быть рассчитан для различных показателей. Для этих целей обычно выбирают физико-механические показатели, наиболее сильно меняющиеся при старении.

Не менее значительную информацию об эксплуатационных характеристиках можно получить и при помощи другого рода термического воздействия — кратковременного, при котором не происходит необратимых изменений в структуре резин, характерных для процессов старения.

Наиболее полную информацию о резинах в высокоэластичном состоянии дает временная зависимость модуля упругости $E(t)$, типичный вид которой представлен на рис. 3 [1, 2]. Как видно из рисунка, имеются три области, описывающие деформационные свойства резины с характерными значениями модулей упругости: I — область стеклообразного состояния с модулем E_c , II — переходная область с модулем, меняющимся от E_c до начального значения высокоэластичного (равновесного) модуля E'_p и III — область высокоэластичности, в которой происходит медленная физическая релаксация, по завершению которой материал характеризуется значением равновесного модуля упругости E_p . [1, 2]. На данном рисунке условно показано время воздействия при испытаниях эластомеров при меньшей (линия $a-a$) и при большей скорости деформирования (линия $b-b$). Как видно из рис. 3, модуль упругости, определенный при большей скорости деформирования, будет выше. При этом ход кривой $E = f(\lg t)$ для каждой резины в зависимости от химического состава, наполнителей и степени сшивания будет различным и обусловлен характерными релаксационными процессами, происходящими в материале.

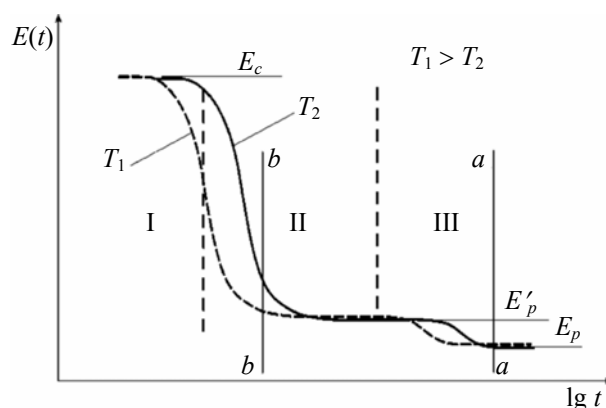


Рис. 3. Изменение модуля упругости E типичного сшитого полимера от продолжительности временного воздействия t при испытании при различных температурах T

В физике полимеров [1, 2] в качестве основных релаксационных процессов обычно рассматриваются α -процесс релаксации, соответствующий переходному состоянию (область II), связанный с подвижностью свободных сегментов молекул, и λ -процесс (область III),

зависящий от подвижности сетки, образованной микроблоками надмолекулярной структуры полимеров. Время релаксации α -процесса составляет доли секунды, а более медленного λ -процесса – от 10^1 до 10^8 с. Кроме этих релаксационных процессов существуют более быстрые и более медленные, однако учитывая, что длительность динамических испытаний составляет порядка 1 мс, можно принять, что ход кривой ударного взаимодействия в основном будет определяться α -процессом, а результаты статических измерений – λ -процессом [3, 4].

Как показано на рис. 3, изменение модуля упругости E типичного шитого полимера в зависимости от продолжительности временно-го воздействия t при испытаниях при различных температурах T ($T_1 > T_2$) подчиняется принципу температурно-временной суперпозиции. Согласно ему, достигнув определенного состояния можно соответственно изменив температуру и частоту (время) воздействия на материал. То есть, увеличивая температуру испытания, можно, не меняя временного режима воздействия на материал, определить показатель при другом временном режиме воздействия (линии $a-a$ и $b-b$ на рис. 3). Применение данного принципа позволяет моделировать режимы деформирования резин, позволяющие наиболее точно оценить их эксплуатационные характеристики.

Особый интерес представляет связь прочности резин с деформационными свойствами, зависящими от строения и физического состояния материала. Существование такого рода связи между прочностными и релаксационными характеристиками отмечается в многочисленных источниках [5, 6]. В частности, известны зависимости тангенса угла механических потерь ($\text{tg } \delta$) и разрушающего напряжения при разрыве (σ_b) от температуры, которые говорят об однозначной связи данных параметров в широком температурном интервале [7]. На примере вулканизата этиленпропиленового тройного эластомера СКЭПТ-60 в интервале температур 216–373 К, было показано [7], что зависимость разрушающего напряжения при разрыве (σ_b) от $\text{tg } \delta$ корреляционная. Данная закономерность наблюдается в области перехода полимера из стеклообразного состояния в состояние развитой высокоэластичности (рис. 4).

Также известны зависимости [7], позволяющие по физико-механическим результатам динамических испытаний, в частности по тангенсу угла механических потерь, оценить прочность наполненных и ненаполненных эластомеров в широком интервале температур.

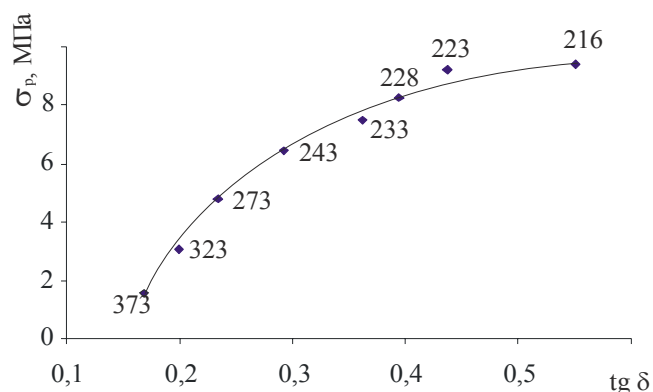


Рис. 4. Зависимость σ_b – вулканизата этиленпропиленового тройного эластомера СКЭПТ-60 в интервале температур 216–373 К от $\text{tg } \delta$ [7]. Цифры у кривой – температура, К

Выводы. Таким образом, на основании анализа литературных данных и проведенных предварительных испытаний резин различных конструктивных элементов шин следует, что используемые в настоящее время методики испытаний резин различных элементов конструкции шин не отражают их реального поведения при эксплуатации на автомобилях, и зачастую являются неинформативными. Предлагаемая научная идея основана на необходимости учета реальных деформаций и температур, возникающих в процессе эксплуатации. Использование новейшего оборудования и научно обоснованных режимов воздействия позволит наиболее точно оценивать и прогнозировать поведение резин в условиях, приближенных к реальным.

Литература

1. Бартенев, Г. М. Структура и релаксационные свойства эластомеров / Г. М. Бартенев. – М.: Химия, 1979. – 288 с.
2. Аскадский, А. А. Деформация полимеров / А. А. Аскадский. – М.: Химия, 1973. – 448 с.
3. Догадкин, Б. А. Химия эластомеров / Б. А. Догадкин, А. А. Донцов, В. А. Шершнева. – 2-е изд. – М.: Химия, 1981. – 374 с.
4. Шутилин, Ю. Н. Справочное пособие по свойствам и применению эластомеров / Ю. Н. Шутилин. – Воронеж: Воронеж. гос. техн. акад., 2003. – 870 с.
5. Зуев, Ю. С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред / Ю. С. Зуев. – М.: Химия, 1972. – 234 с.
6. Karas, G. C. Some experiments on anelastic rebound / G. C. Karas // British plant. – 1964. – Vol. 37, № 2. – P. 59–62.
7. Лоев, А. М. Ускоренное прогнозирование прочности и долговечности технических резин / А. М. Лоев, Ю. В. Зеленев // Пластические массы. – 1986. – № 11. – С. 13–15.

Поступила 26.03.2010